

# 木片の燃焼性におよぼす表面積の効果\*

## Effect of the Surface Area of Wooden Block on the Combustion Performance

池 際 博 行

Hiroyuki IKEGIWA

2007年9月10日受理

### Abstract

To examine the effect of the surface areas of wooden block to its combustion performance, combustion tests were done with some cylindrical-shaped blocks that bored holes.

Results were as follows.

1. Some blocks were naturally extinguished the fire after heating of the given time, while others were burnt out with fire flame. Difference of the burning behavior of the wooden block seems to depend on the number of bored holes.
2. When the surface area of a bored wooden block exceeded about 1.3 times the surface area of the former block, it burned out with the flame after heating of the given time.
3. The amount of a mass decrease of the block by combustion had a high positive correlation with the surface area per unit volume of the block.

### 1. はじめに

木材には容易に燃えるという欠点がある。木材は、セルロース、ヘミセルロース、リグニンという有機高分子で構成されている。燃焼とは、これらの化学物質が、ある温度以上で空気中の酸素と急激に反応し、低分子化する過程で熱と火炎を生じる現象であると言える。

木材の燃焼に関してH.W. Echnerは、木材の熱分解と防火薬剤が木材の熱分解に及ぼす影響に関する研究を行い、酸素の存在しない状態でセルロースは275℃で、リグニンは220℃で熱分解を始めること、セルロースは320-380℃でほとんどが分解するのに対し、リグニンの分解、気化は緩慢であり、800℃付近でも続くことを報告<sup>1)</sup>している。

木材の燃焼においては、木材が外部からの加熱により熱分解を起こす過程で、生成される熱分解物(気化物)に酸素が反応し急激な酸化現象が生じることによる発熱のために、分解反応が急激に進行し、やがて、燃焼が進む過程で木材は炭化し、さらに高温になると気化成分はなくなり、炭の表面燃焼に移行する<sup>2)</sup>。

木材の燃焼に関する研究の主要なテーマは、「燃え

る」という欠点を克服するための「防火」、「難燃化」にある<sup>3)</sup>。「木材はよく燃える」という認識が一般的であるためか、燃焼の促進を目的とする研究は見当たらない。

本研究は、木材がよりよく燃えるための条件が何かについて検討することを目的としている。具体的には、燃焼実験を通して、可燃物である木片を穿孔することにより、空気との接触面積が増加することによる燃焼に及ぼす効果を検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 試験材料

試験には、スギ(*Sugi, Cryptomeria japonica* d. don)心材部から作成した試験片を用いた。平均比重は0.42、平均含水率は12.4%であった。

木材の燃焼に影響を与える因子としては、含水率ならびに比重が考えられる。含水率と木材の燃焼性能との関係については曹、萩原、斎藤らがバルサ(*balsa, Ochroma lagopus*)を使った実験により、含水率が高いほど水分の蒸発潜熱のため木材片の温度上昇が抑制され、その結果として熱分解速度が低下し、気化成分

\* 本研究は、第55回日本木材学会大会(2005年3月 京都)において報告した。

の放出が長く続き、そのために燃焼時間が長くなる<sup>4)</sup>ことを報告している。また、比重と木材の燃焼性能との関係については江越、松浦により、木材比重と着火時間との間に正の比例関係が認められる<sup>5)</sup>ことが報告されている。

本研究では、燃焼に影響する比重および含水率の影響を除くため、樹種はスギ1種類とし、実験に当たっては、試験片は心材部から作成し、これを約1ヶ月一定環境下に保存して含水率のばらつきを抑えたものを用いた。

燃焼試験に供した試験片(木片)は、Fig. 1に示す直径40mm、高さ25mmの円筒形状のものである。

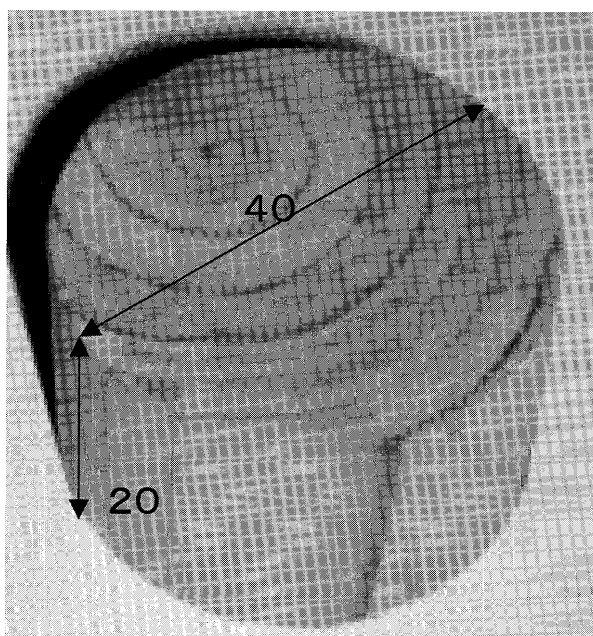


Fig. 1 The photograph of the wooden block ( $\Phi 40 \times 25$ ) used for the combustion test.

燃焼実験に当たって、表面積を増加させるために木片に直径5 mmならびに直径8 mmの穴をそれぞれ複数個あけたものを用意した。Fig. 2には直径5 mmの穴をあけた木片の形状を、Fig. 3には直径8 mmの穴をあけた木片の形状を示した。

#### Forms of Test Piece (1)

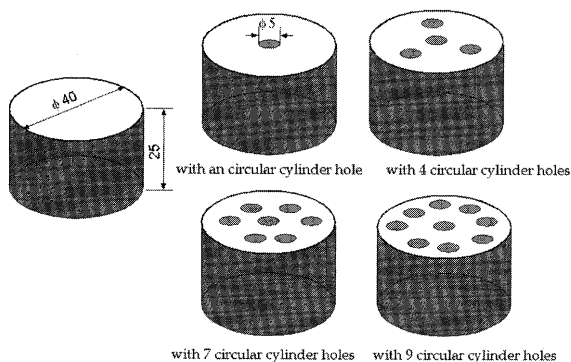


Fig. 2 Wooden blocks bored  $\Phi 5$  mm drill holes.

#### Forms of Test Piece (2)

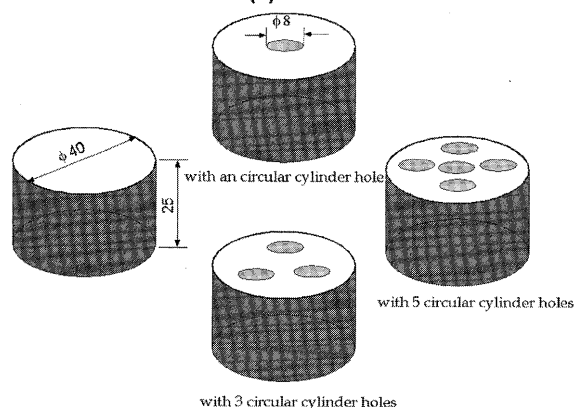


Fig. 3 Wooden blocks bored  $\Phi 8$  mm drill holes.

## 2.2 燃焼実験

燃焼実験には、Fig. 4に示したガスバーナー、三脚台および試料支持部がセラミック製の試料保持用網を用いた。

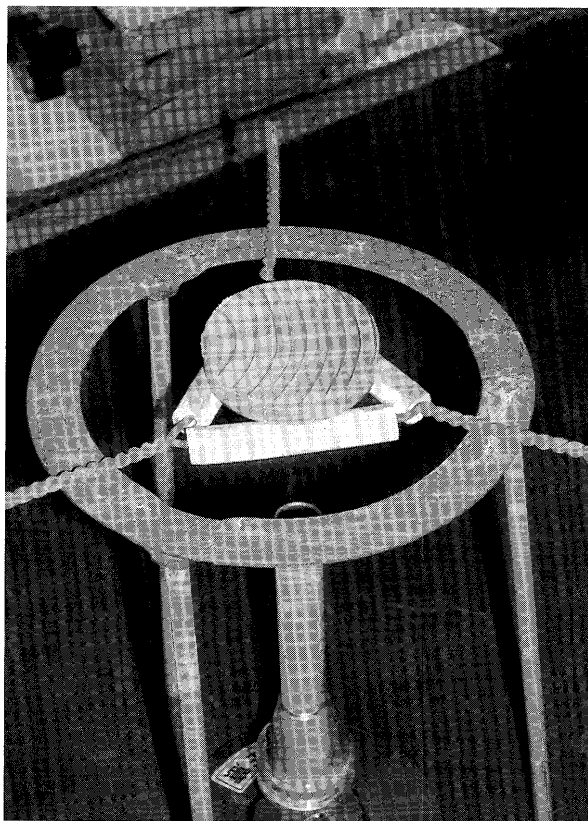


Fig. 4 Combustion equipments of wooden blocks.

ガスバーナーから木片に供給する燃焼エネルギーは、外炎と内炎の高さおよび加熱時間により制御した。外炎と内炎の高さはバーナーのバルブを調節することで、Fig. 5及びFig. 6に見られるように、実験を通じて常に一定(外炎高さ100mm、内炎高さ20mm)になるようにした。

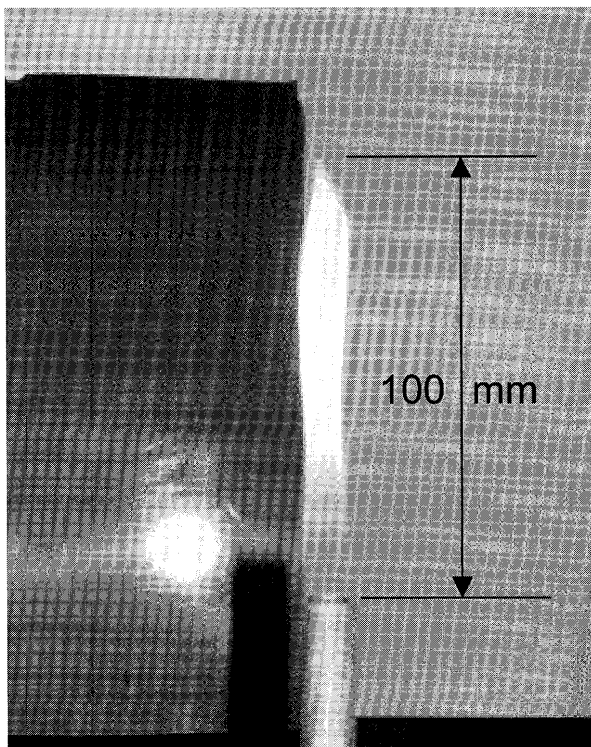


Fig. 5 Outer flame of the gas burner set as a height of 100 millimeters.

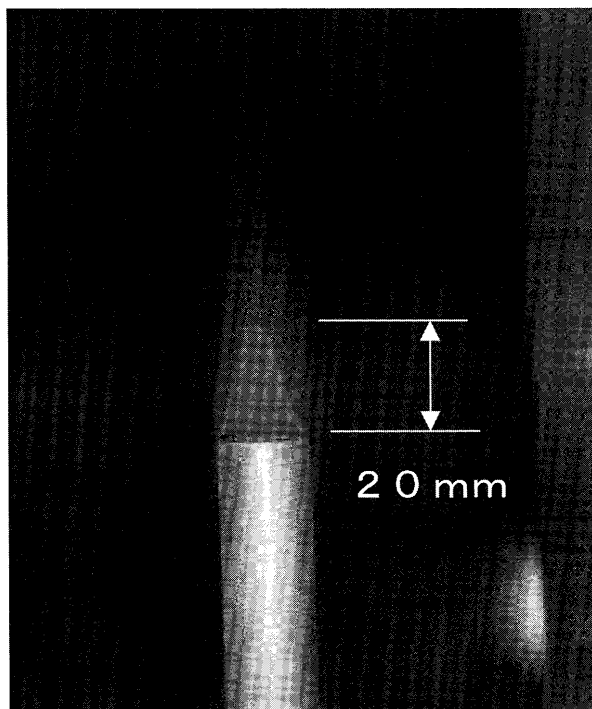


Fig. 6 Inner flame of gas burner set as a height of 20 millimeters.

木片の加熱時間については、Fig. 7に見られるように、セラミック製の網上に厚さ2mmの鋼板を置き、上記のガスバーナー火炎条件で加熱をしたときに計測される、鉄板の表面温度から決定した。(鋼板の表面温度は非接触赤外線温度計を用いて測定した。) 鋼板は熱

伝導率が高いため2mm厚さのものであれば加熱面とその裏面は同一時間にほぼ同一温度になると判断し、加熱鋼板裏表面の温度を測定した。

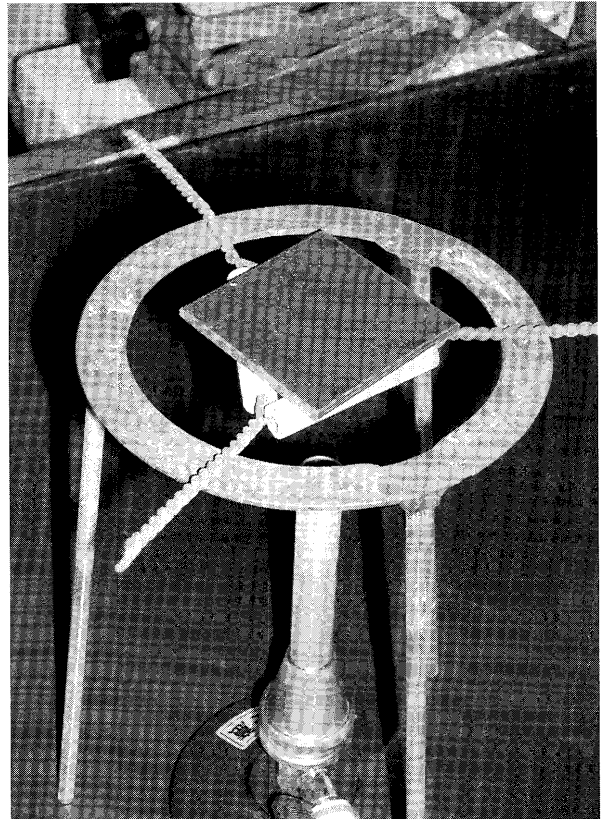


Fig. 7 Combustion test of a thin steel plate for the determination of heating time of a wooden block.

Fig. 8は、ガスバーナーによる鉄板加熱時間と鉄板の表面温度との関係を示したものである。このグラフから、設定されたガスバーナーの加熱条件では、4分後に加熱面は木材の引火温度である300℃に達すると推定できることから、燃焼実験における加熱時間を4分間に設定した。

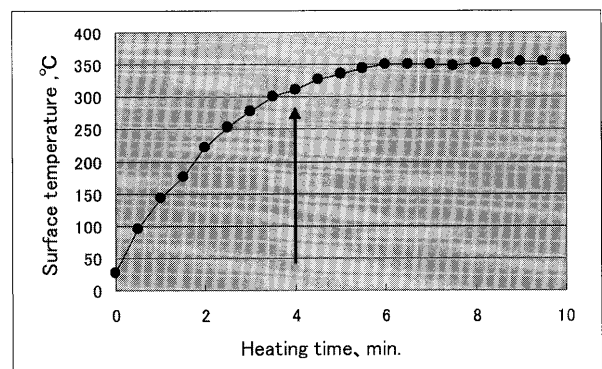


Fig. 8 Relation between heating time of the gas burner and the surface temperature of a thin steel plate.

### 2.3 燃焼度の推定

加熱後に木片が引火あるいは発炎燃焼するかどうかについては、4分間の加熱後直ちにバーナーの火炎を止め、その直後木片の挙動を観察し、同時に、撮影した写真で比較した。また、加熱前の木片重量と消火後の木片重量との差を、熱分解により消失した木材量とみなし、その多寡をもって燃焼度を推定する値とした。

## 3. 結果と考察

### 3.1 バーナー加熱による木片の発炎燃焼

バーナーによる4分間の加熱によって木片が発炎燃焼するか、自然消火するかについては目視により判断した。写真はその様子を示す。Fig. 9は4分間の加熱後に燃焼せずに消火した例(左)と引火し発炎燃焼をした例(右)を示している。

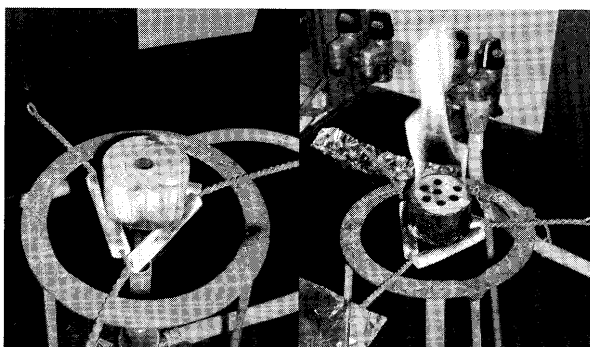


Fig. 9 Examples of combustion test results. Left side figure was an example the fire gone out after heating the wooden block. Right side figure was an example the wooden block was burnt.

また、Fig.10には、木片の表面積を増加するために穿孔を行った木片について、穿孔数の違いによる4分間加熱後の木片の状態を示した。上段の3つはいずれも、加熱後に表面の一部は炭化したが燃焼に至らなかった場合であり、下段の2つは、加熱後に発炎燃焼をした場合を示している。

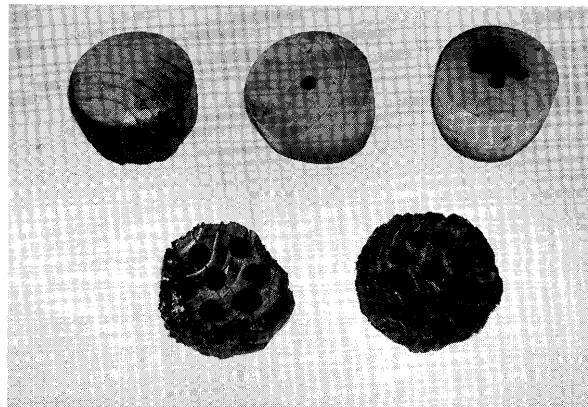


Fig.10 The photograph of wooden blocks after 4min.-heating. For combustion tests, no-hole blocks and some-holes opened blocks were used. Upper three wooden blocks were gone out the fire after heating. Lower two blocks were burned out after heating.

### 3.2 木片の表面積と燃焼性

以上の燃焼実験から、試験に供した木片について、内部に開けた穴の数と、一定時間加熱後の木片の燃焼の仕方との間には関係があることが推定される。そこで、穿孔数の増加が木片に付加された表面積の増加に相当することから、これらの実験結果を、木片の表面積と一定時間(4分)加熱後の木片の燃焼による消失重量の関係として表したものがFig.11である。

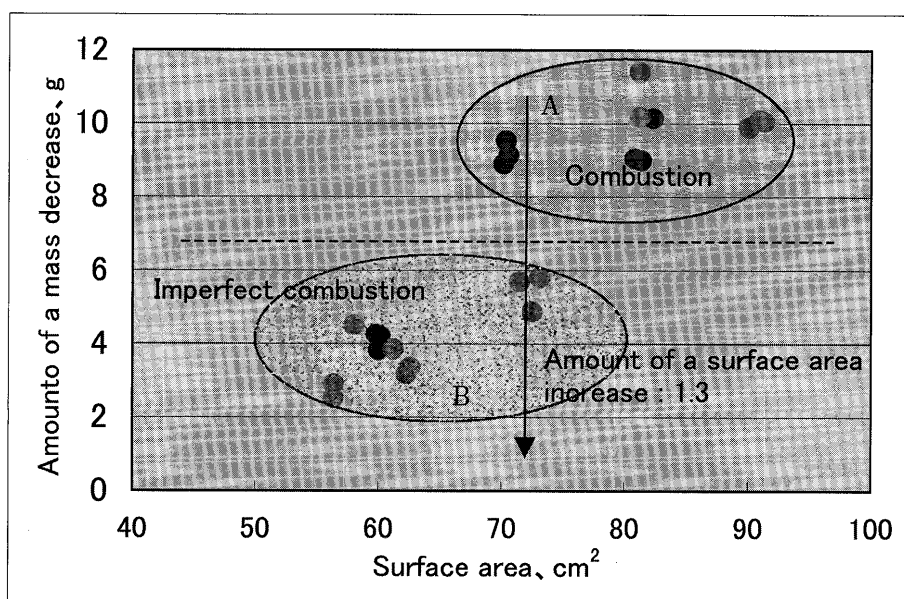


Fig.11 Relation between the surface area of a wooden block and the amount of a mass decrease of the block after heating of four minutes. Wooden blocks in the area A were gone out the fire after heating. In the area B, wooden blocks were all burnt out.

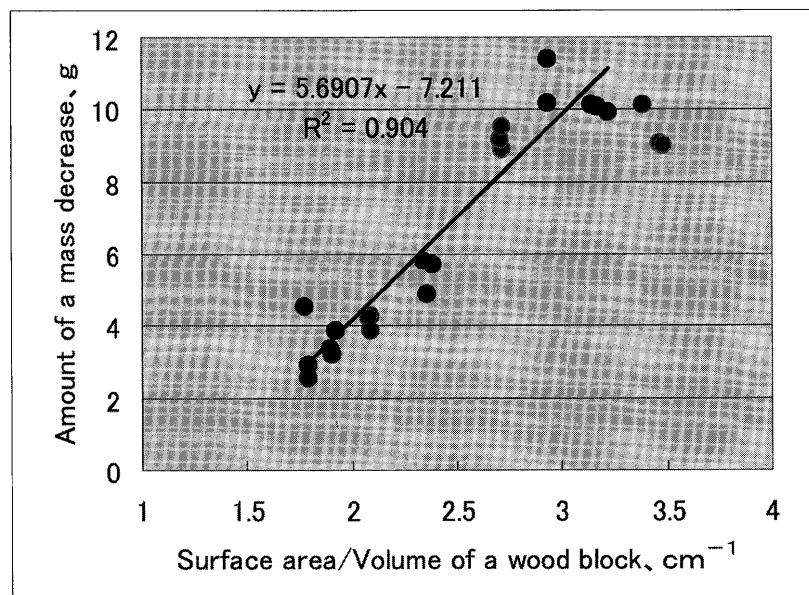


Fig.12 The amount of a mass decrease of wooden blocks after heating of 4 minutes plotted as a parameter of surface-area/volume.

加熱後発炎燃焼した木片群を領域Aで、加熱後自然消火した木片群を領域Bで表した。破線は加熱後木片が燃焼したグループと自然消火したグループを分ける、質量減少量のおよその境目を示したものである。また、矢印は加熱後発炎燃焼に移行するかどうかの境目に当たる表面積の値を示している。

穴を開けていない円筒形状木片の表面積は56cm²あるので、実験結果から、加熱木片が発炎燃焼に移行するかどうかの境界は、穿孔された木片の表面積が無孔木片の1.3倍を超えるかどうかにあると推定される。

今回の実験では直径5mmと8mmの2種類のドリルを使って木片に穿孔した。そこで、実験に供したすべての試験体について、その表面積を求め、Fig.11の結果を4分間の加熱後の木片の重量減少量と単位体積あたりの表面積との関係として示したものがFig.12である。図中の直線はその相関を示したものであるが、 $R^2=0.904$ となり、両者には非常に高い正の相関が認められた。このことから、木片の単位体積あたりの表面積の大きさはその燃焼度を表わすパラメータとなると判断される。

#### 4. 結論

木材の表面積がその燃焼性に及ぼす効果について、その内部に直径の異なる穴を複数個有する円筒形状木

片を一定時間加熱し、加熱後の燃焼状態と燃焼後の残存重量から燃焼度を検討し、以下の結論を得た。

1. 一定時間の加熱後に自然消火する木片と発炎燃焼に移行する木片とがあり、それは木片にあけた穴の数に依存する。
2. 一定加熱後の発炎燃焼への移行の可否は、木片にあけた穴の数の増加を、木片に加えられた表面積の増加として捉えた場合に、穴が開けられていない木片の表面積のおよそ1.3倍が境界となる。
3. 木片の燃焼度(加熱・燃焼による質量の減少量)は、燃焼実験に供した木片の単位体積あたりの表面積との間に高い正の相関がある。

#### 引用文献

- 1) H.W.Eickner: Forest Product Journal, 12(4), 194-199(1962)
- 2) 屋我副良、河内進策、今村祐嗣編:「木材科学講座12 保存・耐久性」、海青社、pp155-159(1997)
- 3) 例えば石原茂久:日本木材学会研究分科会報告書、pp188-203(1989)
- 4) 曹永哲、萩原五郎、斎藤正浩、天谷賢児、新井雅隆:日本機械学会関東支部ブロック合同講演会講演論文集、pp227-228(2001)
- 5) 江越航、松浦力:広島県東部工業技術センター研究報告、第14号、49-52(2001)